

И.П.Талипова

ДЕТАЛИ МАШИН

**Учебно-методическое пособие для выполнения контрольной работы по курсу
«Механика и детали машин»
для студентов заочной и очно-заочной формы обучения**

Набережные Челны, 2020

УДК 621.81.001.63 (075.8)
ББК 34.42. 73

Печатается по рекомендации
учебно-методического совета
Автомобильного отделения НЧИ КФУ

Рецензент: канд. техн. наук, доцент Л.А.Феоктистова

Талипова И.П. Детали машин: Учебно-методическое пособие для выполнения контрольной работы по курсу «Механика и детали машин» для студентов заочной и очно-заочной формы обучения .– Набережные Челны: 2020.- 30 с.

В учебно-методическом пособии представлены тематика раздела «Детали машин» дисциплины «Механика и детали машин», вопросы для подготовки к экзамену, список литературы, задания контрольной работы, приводятся примеры выполнения задач.

© Набережночелнинский институт К(П)ФУ, 2020

ВВЕДЕНИЕ

Раздел "Детали машин" курса «Механика и детали машин» входит в цикл общетехнических дисциплин и является завершающей частью конструкторской подготовки инженера.

Целью раздела является овладение студентами знаниями о составных частях машин и методами расчета и конструирования изделий общего машиностроения.

Задачи раздела «Детали машин» состоят в следующем: дать знания о конструкциях, типаже, критериях работоспособности и теории работы составных частей машин; о методах расчета деталей машин и их совместной работе; привить навыки конструирования и развить творческие и конструкторские способности. Задания к контрольным работам подобраны таким образом, чтобы студент усвоил теоретический курс.

Для успешного выполнения студентами контрольных работ приведен список рекомендуемой литературы

1 СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА РАЗДЕЛА «ДЕТАЛИ МАШИН»

1.1 Ведущая роль машиностроения среди других отраслей народного хозяйства. Краткие сведения из истории машиностроения. Развитие, особенности и достижения машиностроения. Основные направления в развитии конструкций машин.

1.2 Определение понятий: деталь, сборочная единица. Классификация деталей машин: корпусные детали, соединения, передачи, оси, валы и муфты, подшипники и направляющие, пружины.

1.3. Основные задачи курса. Связь курса с общетеоретическими и специальными дисциплинами.

1.4. Общие сведения по расчету и конструированию деталей машин.

Виды нагрузок на детали машин. Процессы выхода из строя деталей машин и основные критерии их работоспособности и расчета: прочность, теплостойкость, износостойкость, жесткость отсутствие колебаний недопустимой интенсивности, стойкость против коррозии и старения. Принципиальные основы расчета по этим критериям. Общие обоснования выбора запасов прочности и допускаемых напряжений в деталях машин при статических и переменных нагрузках. Учет фактора времени и переменности режима работы.

Трение и износ в машинах. Основные виды изнашивания: абразивное, изнашивание при схватывании, коррозионное изнашивание. Понятие о расчетах деталей машин на износ.

Надежность и долговечность деталей машин. Основные понятия и термины. Значение проблемы повышения надежности и долговечности. Классификация условий работы деталей машин с точки зрения выбора материала. Указания по выбору материала.

Основные пути экономии металла. Композитные материалы. Пластмассы и перспективы их применения в машинах. Технологические требования к конструкциям деталей машин.

Роль экономических факторов в выборе типов и конструкций деталей машин.

1.5. Передачи

Назначение и роль передач в машинах. Принципы работы и классификация механических передач. Передачи трением (с жесткими телами качения и гибкой связью) и передачи зацеплением (зубчатые, червячные и цепные).

Передачи для постоянного и переменного передаточного отношения. Передачи ступенчатого и бесступенчатого регулирования, управление регулируемыми передачами.

Общие кинематические и энергетические соотношения для механических передач вращательного движения. Общие соображения по выбору расчетных нагрузок.

1.6. Фрикционные передачи и вариаторы

Принципы работы. Области применения. Геометрическое и упругое скольжение. Элементы конструкций: устройства для прижатия друг к другу тел качения. Материалы.

Передачи для постоянного передаточного отношения: цилиндрические, желобочные и конические.

Бесступенчатые передачи-вариаторы: лобовые, конусные, многодисковые, шаровые и торовые. Рекомендация по выбору.

Кинематика передач. Точность передаточного отношения. Расчетные зависимости для определения сил прижатия тел качения. Силы, действующие на валы. Проверка контактных

напряжений. Определение размеров тел качения. Потери на трение; коэффициент полезного действия.

1.7. Ременные передачи

Общие сведения и основные характеристики. Области применения. Разновидности ременных передач. Основные типы и материалы плоских ремней. Стандарты на ремни.

Геометрия и кинематика ременных передач. Теория работы ременных передач. Исследования Л.Эйлера, Н.П.Петрова, П.Е.Жуковского и других ученых по теории работы гибкой нити на шкивах. Усилия и напряжения в ремне.

Кривые скольжения и буксование. Коэффициент трения между ремнем и шкивом. Коэффициент полезного действия. Расчет ременных передач на основе кривых скольжения. Допускаемые полезные напряжения. Учет влияния отношения толщины ремня к диаметру шкивов, угла обхвата, центробежного взаимодействия, режима работы.

Проверка долговечности ременных передач.

Способы натяжения ремней. Передача с натяжным роликом. Силы, действующие на валы от ремней передачи.

Клиноременная передача. Основные характеристики и область применения. Клиновые ремни. Расчет или подбор основных элементов передачи по стандартам. Поликлиновая передача.

Шкивы ременных передач — материалы и конструкции. Стандарты на диаметры. Предельные окружные скорости. /Клиноременные вариаторы/. Зубчатоременные передачи.

1.8. Цилиндрические зубчатые передачи

Основные понятия о зубчатых передачах и основные определения. Классификация зубчатых передач. Области применения. Значение зубчатых передач среди других механических передач. Стандартные параметры зубчатых передач.

Материалы. Термообработка и другие методы упрочнений. Неметаллические материалы.

Критерии работоспособности и виды повреждения зубчатых передач. Точность изготовления зубчатых колес. Расчет зубьев прямозубых и косозубых цилиндрических передач на изгиб. Коэффициент формы зуба. Концентрация напряжений у корня зуба. Учет совместной работы двух пар зубьев. Расчетные зависимости для проектного и проверочного расчетов. Расчет зубьев прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических передач по контактным напряжениям. Расчетные зависимости для проектного и проверочного расчетов. Особенности расчета передач, работающих в условиях абразивного износа.

Определение расчетных нагрузок. Учет перегрузок, концентрации нагрузки по длине зубьев, динамические нагрузки, связанные с качеством изготовления. Определение допускаемых напряжений с учетом переменности режима работы и ресурса передачи.

Коэффициент полезного действия. Смазка зубчатых передач.

1.9. Конические зубчатые передачи

Конические зубчатые передачи с прямолинейными и криволинейными зубьями. Основные сведения из геометрии конических зацеплений (особенности расчета на прочность). Силы, действующие на валы и оси зубчатых колес. Конструкции зубчатых колес. Передача с кругловинтовым зацеплением М.Л. Новикова с одной и с двумя линиями зацепления. Основные типы редукторов. Стандарты на основные параметры редукторов.

Понятие о зубчатых коробках передач. Краткая систематика показателей планетарных зубчатых редукторов. Области их применения. Волновые передачи.

1.10. Червячные передачи

Основные понятия и определения. Области применения. Классификация червячных передач, передачи с цилиндрическим червяком (архимедовым, эвольвентным, конволютным, а также имеющим вогнутый профиль), передачи с глобoidным червяком.

Кинематика и геометрия червячных передач. Основные параметры и их выбор. Стандарты.

Критерии работоспособности и расчета: прочность зубьев, выносливость рабочих поверхностей, сохранение температуры в допускаемых пределах, отсутствие повышенного износа.

Применяемые материалы. Силы, действующие в червячном зацеплении.

Длина контактных линий. Приведенный радиус кривизны. Расчет зубьев на контактную прочность (на предупреждение повышенного износа). Расчетные формулы. Расчет зубьев на изгиб. Допускаемые напряжения. Определение расчетных нагрузок. Коэффициент полезного действия

червячных передач. Тепловой расчет. Искусственное охлаждение.

Расчет червяка на прочность и жесткость.

Современные конструкции червячных редукторов. Смазка червячных передач.

1.11. Цепные передачи

Классификация приводных цепей. Конструкции приводных цепей. Основные типы. Области применения цепных передач в машиностроении. Основные характеристики.

Кинематика цепных передач. Переменность передаточного числа. Длина цепи и расстояние между осями. Выбор основных параметров цепных передач.

Критерии работоспособности цепных передач и исходные положения для расчета. Натяжение ветвей. Несущая способность и подбор цепей. Учет частот вращения, передаточного числа, длины цепи и других факторов. Динамические нагрузки. Коэффициент полезного действия. Нагрузка на валы. Смазка и эксплуатация цепных передач.

1.12. Оси и валы

Оси и валы. Классификация валов и осей. Конструкции. Критерии расчета: прочность, жесткость, колебания.

Материалы, применяемые для изготовления валов. Определение расчетных нагрузок. Выбор расчетных схем, идеализация опор. Упрощенный расчет валов. Расчет на выносливость. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений. Влияние на прочность размерного фактора. Упрочнение валов путем придания рациональной формы, поверхностей термической и химико-термической обработки, дробеструйной обработки, обкатки роликами или чеканки.

Выбор запасов прочности для допускаемых напряжений. Понятие о расчете по заданной вероятности безотказной работы.

Расчет валов на жесткость, выбор расчетных условий.

1.13. Муфты для соединения валов

Классификация муфт. Постоянные муфты: глухие, упругие компенсирующие и подвижные; сцепные муфты. Управляемые и самоуправляемые по моменту (предохранительные), по скорости (центробежные) и по направлению вращения (обгонные).

Глухие муфты втулочные и переперечно-свертные. Конструкция и расчет. Упругие муфты с резиновыми и пластмассовыми упругими элементами и с металлическими элементами. Демпфирующая способность упругих муфт. Жесткие компенсирующие и подвижные муфты: зубчатые, крестовые и шарнирные. Подбор муфт. Стандарты.

Муфты трения. Классификация по форме рабочих поверхностей, механизмов управления. Расчетные коэффициенты трения и допускаемого давления. Расчетные формулы. Выбор материалов.

Самоуправляемые сцепные муфты. Предохранительные муфты со срезными штифтами, пружинно-кулачковые и фрикционные. Особенности конструкций и расчет. Центробежные муфты. Обгонные муфты зацепления и трения, конструкция и расчет. /Понятие об электромагнитных, фрикционных и порошковых муфтах, электромагнитных муфтах, области применения.

1.14. Подшипники скольжения

Общие сведения. Основные типы подшипников скольжения. Основные параметры подшипников. Подшипниковые материалы. Биметаллические и полиметаллические вкладыши. Пластмассовые вкладыши с пропиткой фторопластом. Виды выхода из строя подшипников. Критерии работоспособности и расчета. Расчет подшипников, работающих в условиях смешанного трения. Основные положения учения о трении смазочных поверхностей (работы Н.П. Петрова, Н.Е. Жуковского, О. Рейнольдса, С.А. Чаплыгина и др.). Распределение давления в смазочном слое. Коэффициент трения в подшипниках. Расчет подшипников из условия жидкостного трения с заданной толщиной масляной пленки. Тепловой расчет подшипников. Естественное и искусственное охлаждение.

Конструкция подшипников скольжения. /Сегментные подшипники/. Понятие о подшипниках с газовой смазкой и гидростатических подшипниках. Неметаллические подшипники. Понятие о расчете и конструкции подшипников скольжения.

1.15. Подшипники качения

Роль подшипников качения в современных машинах. Классификация подшипников

качения. Система условных обозначений.

Конструкция подшипников. Материал тел качения. Колец и сепараторов. Причины выхода из строя и критерии расчета подшипников. Кинематика нагрузки на тела качения. Контактные напряжения. Статическая грузоподъемность. Определение расчетных нагрузок и подбор подшипников, исходя из заданного ресурса.

Максимальные скорости вращения подшипников. Точность подшипников. Потери на трение в подшипниках Выбор предварительного натяга в подшипниках. Смазка.

1.16. Соединения. Сварные и заклепочные соединения

Классификация соединений. Соединения стержней, листов и корпусных деталей соединения вал-ступица; соединения валов; соединения труб. Соединения неразъемные и разъемные. Соединения фрикционные. Общие правила конструирования соединений.

Сварные соединения и их роль в машиностроении. Экономия металла от применения сварных соединений взамен других. Основные типы соединений дуговой электросваркой соединения встык, внахлестку с накладками, втавр, угловые. Особенности соединения угледуговой и газовой сваркой. Области применения. Расчеты на прочность сварных швов при постоянных и переменных нагрузках. Допускаемые напряжения и запасы прочности. Понятие о клеевых соединениях.

Основные понятия о заклепочном соединении. Применение в машиностроении в строительстве. Классификация. Основные типы заклепок.

Прочные швы. Типовые конструкции узлов, конструктивные соотношения. Расчеты на прочность. Нормативы на допускаемые напряжения и запасы прочности. Конструктивные мероприятия повышения прочности сварных и заклепочных соединений.

1.17. Соединения с гарантированным натягом

Посадки с натягом и области применения в машиностроении. Несущая способность цилиндрических напряженных соединений при нагружении их осевой силой, крутящим и изгибающим моментом. Расчет потребного натяга. Прочность сопрягаемых деталей.

Технология сборки: запрессовка, соединения за счет темпераментных деформаций. Силы запрессовки. Потребные температуры нагрева или охлаждения соединяемых деталей Рациональные способы конструирования соединений деталей с натягом.

1.18 Резьбовые (винтовые) соединения

Резьба. Классификация резьб по назначению и по геометрической форме: крепежные резьбы, крепежно-уплотняющие резьбы, резьбы грузовых и ходовых винтов. Основные параметры резьб: номинальный диаметр, шаг, угол профиля, стандарты.

Винты. Основные типы крепежных винтов: винт с гайкой (болт), винт, шпилька Классификация. Форма головок винтов. Основные типы гаек.

Предохранение резьбовых соединений от отвинчивания. (Ключи общего назначения, ключи постоянного момента, динамометрические ключи).

Материалы, применяемые для изготовления винтов, гаек, шайб. Классы прочности.

Взаимодействие между винтом и гайкой; распределение осевой силы по виткам в свете исследований Н.Е. Жуковского и эксперимента. Стандарты на резьбы. Зависимость между осевой силой на винте и крутящим моментом, приложенным к винту. Коэффициент полезного действия винтовой пары. Самоторможение. Расчет винта нагруженного только осевой силой. Расчет винта, подверженного действию осевой силы и крутящего момента.

Расчет одновинтового соединения под действием сдвигающей силы и сдвигающего момента в случае установки винтов с зазором и под развертку. Разгрузка винтов от сдвигающих сил штифтами и шпонками.

Определение усилий в затянутом винтовом соединении при осевом симметричном нагружении. Потребная из условия плотности величина затяжки. Расчеты винтовых соединений, подверженных переменным и ударным нагрузкам: оптимальная величина затяжки. Расчет резьбовых соединений, нагруженных силами и моментами в плоскости, перпендикулярной к стыку.

Выбор запасов прочности и допускаемых напряжений при расчете винтов в зависимости от условий работы, материала, технологии изготовления и монтажа.

Конструкторские и технологические мероприятия по повышению выносливости винтов: применение профилей резьбы с увеличенным радиусом впадин, специальных форм стержня, гаек, обеспечивающих повышение равномерности работы витков резьбы, коррекции шага и т.д.

1.19. Шпоночные и шлицевые соединения

Шпоночные, зубчатые (шлицевые) и профильные (бесшпоночные) соединения. Основные типы шпонок: ШПОНКИ призматические, сегментные, клиновые и специальные. Области применения. Стандарты на шпоночные соединения. Расчет шпоночных соединений. Допускаемые напряжения.

Зубчатые соединения. Области применения. Прямобоочные зубчатые соединения. Способы центрирования. Треугольные и эвольвентные зубчатые соединения. Расчет на прочность.

1.20. Смазочные устройства

Классификация способов смазки и смазочных устройств. Типовые конструкции смазочных устройств для индивидуального и централизованного подвода жидкой и консистентной смазки: масленок, лубрикаторов. Распределителей. Типовые конструкции устройств для контроля, подачи, очистки и охлаждения масла. Расход смазки.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ РАЗДЕЛА «ДЕТАЛИ МАШИН» КУРСА «МЕХАНИКА И ДЕТАЛИ МАШИН»

6 СЕМЕСТР

1. Цели и задачи раздела "Детали машин" курса. Связь раздела с общетехническими и специальными дисциплинами. Изделия машиностроения: комплекс, сборочная единица, деталь, комплект, их определения. Классификация деталей машин по их назначению.
2. Критерии работоспособности деталей машин: прочность, жесткость, износостойкость, надежность. Основы расчета на прочность при постоянных и переменных нагрузках. Классификация нагрузок и напряжений.
3. Материалы деталей машин.
4. Классификация и кинематические характеристики механических передач.
5. Ременные передачи: конструкции, достоинства и недостатки, области применения. Кинематические и геометрические зависимости временной передачи (определение диаметров шкивов, межосевых расстояний и длины ремня).
6. Работа ремня на шкивах. Связь между силами натяжения ветвей ремня (вывод формулы Эйлера), а также между силами натяжения и моментов на шкиве.
7. Определение напряжений в ремне ременной передачи. Расчет передачи на долговечность.
8. Зубчатые передачи с цилиндрическими колесами, их достоинства и недостатки, классификация. Геометрия зацепления, основные параметры передач. Коэффициент перекрытия, смещение исходного контура.
9. Виды разрушений зубьев и методы их предупреждения при проектировании передач. Определение сил давления на зубья в косозубых передачах.
10. Расчет зубчатых передач с цилиндрическими зубчатыми колесами по напряжениям изгиба (вывод формул проекторочного и проверочного расчетов).
11. Расчет зубчатых передач с зубчатыми колесами по контактным напряжениям (вывод формулы проекторочного и проверочного расчетов).
12. Материалы, применяемые для изготовления зубчатых колес, открытых и закрытых передач. Определение допускаемых напряжений. Точность зубчатых передач.
13. Передачи коническими зубчатыми колесами. Основные кинематические и геометрические зависимости. Типы конических колес. Силы в зацеплении.
14. Червячные передачи: классификация, достоинства, недостатки, область применения. Точность изготовления. Силы в зацеплении. Основные критерии работоспособности и расчета.
15. Материалы червяков и червячных колес. Расчет червячных передач по контактным напряжениям и напряжениям изгиба. Геометрические и кинематические зависимости в червячных передачах.
16. Расчет зубьев прямозубых конических передач по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.
17. Цепные передачи: общее устройство и принцип работы. Достоинства и недостатки. Область применения. Основные геометрические и кинематические зависимости в передаче.
18. Конструкции приводных цепей. Критерии работоспособности, расчет цепной передачи по условиям работоспособности. Переменность передаточного числа и динамичность

нагрузки в передаче.

19. Устройство валов и осей и их назначение. Расчетные схемы.
20. Порядок расчета валов и осей. Выбор допускаемых напряжений.
21. Расчет валов на совместное действие деформаций изгиба и кручения.
22. Расчет валов на статическую и усталостную прочность. Расчет на жесткость. Конструирование вала.
23. Особенности расчета осей на прочность.
24. Классификация опор для валов и осей. Сравнительная оценка подшипников скольжения и качения.

7 СЕМЕСТР

1. Соединения деталей машин: их назначение, типы. Сравнительные достоинства и недостатки соединений. Заклепочные соединения.
2. Сварные соединения: виды соединений и сварочных швов, их обозначения на чертежах. Расчет сварных соединений встык и тавровых, нагруженных силами и моментами сил. Расчет комбинированных швов.
3. Сварные соединения внахлестку. Вывод формул для расчета таких соединений при их нагружении силами и моментами, действующими в плоскости стыка свариваемых деталей.
4. Резьбовые соединения: их недостатки и достоинства, область применения. Типы резьбы. Геометрические параметры резьбы. Способы изготовления резьб. Детали резьбовых соединений. Определение моментов завинчивания и отвинчивания. Способы предотвращения самоотвинчивания винтов и гаек. КПД винтовой пары, самоторможение пары. Распределение нагрузки между витками винтов и гаек.
5. Расчет резьбовых соединений, нагруженных силами, действующими в плоскости стыка деталей при установке болтов с зазором и без зазора. Учет момента трения в резьбе при расчете на прочность.
6. Расчет болтов, нагруженных постоянными осевыми силами, собираемых с предварительной затяжкой. График работы резьбовых соединений.
7. Расчет болтов, нагруженных переменными осевыми силами. Способы повышения выносливости деталей соединения. Расчет групповых болтов.
8. Соединения вал-ступица призматическими, сегментными и клиновыми шпонками. Выбор шпонок и их расчет. Достоинства и недостатки каждого из этих соединений. Торцевые шпонки.
9. Зубчатые (Шлицевые) соединения, их основные геометрические параметры, достоинства и недостатки. Способы взаимного центрирования деталей соединения. Условное обозначение шлицевых соединений на чертежах, расчеты на прочность.
10. Соединения, с гарантированным натягом: достоинства и недостатки, область применения. Определение минимального натяга, обеспечивавшего передачу отданного крутящего момента. Посадки, обеспечивающие гарантированный натяг.
11. Конструкции подшипников скольжения и их расчет.
12. Расчет подшипников скольжения, работающих в условиях полужидкостного трения.
13. Расчет подшипников скольжения, работающих в условиях жидкостного трения.
14. Конструкции подшипников качения и их расчет.
15. Распределение нагрузки между телами качения. Смазывание. Посадки колец подшипников на вал и в корпус. Схемы установки.
16. Подшипники качения. Эквивалентная нагрузка. Подбор по динамической грузоподъемности.
17. Подшипники качения. Вероятность безотказной работы при расчетах на заданный ресурс.
18. Подбор подшипников качения по статической грузоподъемности.
19. Назначение и классификация муфт.
20. Выбор типа муфт для быстроходных и тихоходных валов.
21. Конструкции компенсирующих муфт.

2 СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Решение контрольных задач по деталям машин развивает навыки самостоятельной и творческой работы студентов. Студент должен уметь:

- пользоваться справочной литературой, ГОСТами, а также графическими материалами;
- выбирать наиболее подходящие материалы для деталей машин и рационально их использовать;
- выполнять расчеты деталей, узлов и механизмов в машинах, пользуясь справочной литературой, ГОСТами и другой нормативной документацией;

В данном издании приведены основные принципы и правила проектирования машин и их деталей на примере приводов общего назначения, а также дана информация по выбору материалов деталей машин, методам расчета, оформлению чертежей.

Задания на проектирование составлены на основе требований Государственного Стандарта, учебного плана и рабочей программы по деталям машин для студентов автомеханических и машиностроительных специальностей академии.

В указаниях также приведены примеры проектирования, справочная информация и рекомендуемая литература.

Контрольная работа оформляется на стандартных листах бумаги формата А4 (210×297), пронумерованных и сшитых в тетрадь с плотной обложкой. Она может быть набрана на компьютере в MICROSOFT WORD (шрифт Times New Roman, кегль 14), а также может быть написана от руки.

В состав контрольной работы входит: титульный лист, решение задач, список использованных источников.

Расчеты рекомендуется производить в единицах СИ. Достаточная точность машиностроительных расчетов: для сил - в десятке чисел Н, для моментов - в десятых долях чисел Н·м и для напряжений - в десятых долях чисел МПа.

Расчет следует писать с достаточно ясными заголовками, в определенном порядке, с необходимым пояснительным текстом. Он сопровождается эскизами рассчитываемых деталей, а также схемами сил и эпюрами моментов, действующих на эти детали. При необходимости к эскизам надо давать расчетные сечения.

Задание на контрольную работу приведены в приложении 1 данного методического пособия и выбираются двумя цифрами, например 2.8, где 2 - номер задания, соответствующий предпоследней цифре зачетной книжки студента (решаются все четыре задачи данного задания), 8 - номер варианта задач, соответствующий последней цифре зачетной книжки студента.

Примеры решения задач контрольной работы приведены в приложении 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решетов Д.Н. Детали машин. - М., "Машиностроение". 1989., 496с.
2. Иванов М.Н. Детали машин. = М., "Высшая школа". 1986., 359с.
3. Приводы машин. Справочник. - Л., "Машиностроение". 1982., 384с.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. - М., "Машиностроение". 1-3. 1992., 800с.
5. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Высшая школа, 2001. – 446 с.
6. Атлас конструкций узлов и деталей машин /под ред. О.А.Ряховского. – М.:МВТУ им. Н.Э.Баумана, 2005.
7. Галипова И.П, Тазмеева Р.Н., Галимянов И.Д. Расчет и проектирование передач с использованием систем автоматизированного проектирования. – Набережные Челны: Изд-во НЧИ КФУ, 2017 – 108 с.

ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

ЗАДАНИЕ 1

1.1 Рассчитать сварные швы для крепления боковин 1 неподвижного блока к основанию 2 (рис. 1.1), по данным таблицы 1.1

Таблица 1.1

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F, кН$	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23
$\alpha, град$	$\pi/4$	$\pi/5$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/5$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/5$	$\pi/6$	$\pi/4$
$H, мм$	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570
$A, мм$	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290

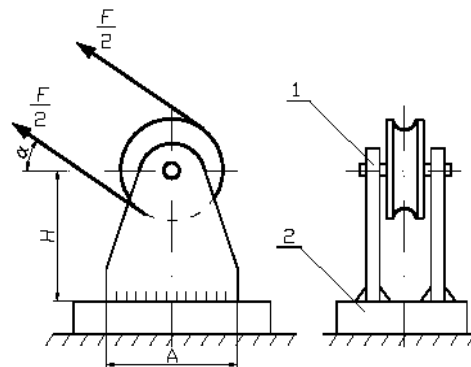


Рисунок 1.1 - Блок неподвижный:

1 — боковина; 2 — основание

1.2 Рассчитать шпильки, которыми крышка прикреплена к паровому цилиндру (рис. 1.2). Давление пара в цилиндре часто меняющееся от 0 до максимального значения p . Максимальное рабочее давление пара p , внутренний диаметр цилиндра D и наружный диаметр крышки и фланца цилиндра D_1 приведены в таблице 1.2. Недостающими данными задаться.

Таблица 1.2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$p, МПа$	0,51 310	0,52 320	0,53 330	0,54 340	0,55 350	0,56 360	0,57 370	0,58 380	0,59 390	0,51 400
$D, мм$	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
$D_1, мм$										

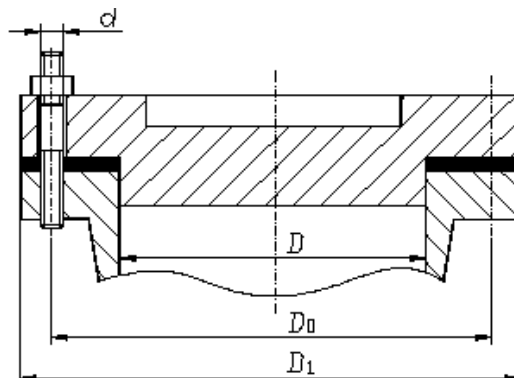


Рисунок 1.2

1.3 Рассчитать глобоидную передачу редуктора (рисунок 1.3). Передаваемая червяком мощность P_1 , угловая скорость его ω_1 и угловая скорость червячного колеса ω_2 приведены в таблице 1.3. Срок службы редуктора 35 000 ч.

Таблица 1.3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1, \text{кВт}$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
$\omega_1, \text{рад/с}$	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
$\omega_2, \text{рад/с}$	4	5	8	4	5	6	10	6	10	6

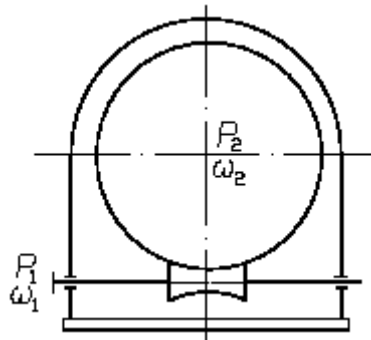


Рисунок 1.3

1.4 По данным предыдущей задачи 1.3 рассчитать вал червячного колеса редуктора (рисунок 3) и подобрать для него подшипники качения. Расстояние между подшипниками вала принять конструктивно. Рассчитать шпоночное соединение червячного колеса с валом. Недостающими данными задаться. Привести рабочий эскиз вала.

ЗАДАНИЕ 2

2.1 Рассчитать сварное соединение, крепящее опорный швеллер к стальной колонне (рисунок 2.1). Материал электрода и метод сварки назначить самостоятельно. Данные для расчета приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F, \text{кН}$	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$\alpha, \text{рад}$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$
$L, \text{мм}$	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100

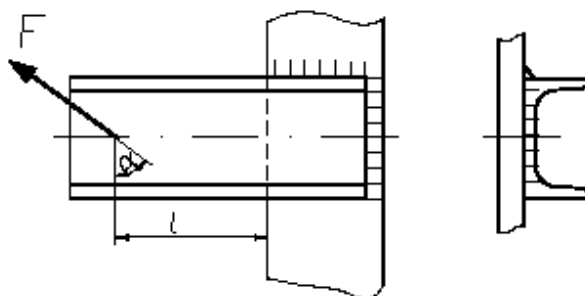


Рисунок 2.1

2.2 Рассчитать болты, которыми стойка прикрепляется к плите (рисунок 2.2), по данным таблицы 2.2.

Таблица 2.2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F, \text{кН}$	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$a, \text{мм}$	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480
$b, \text{мм}$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110

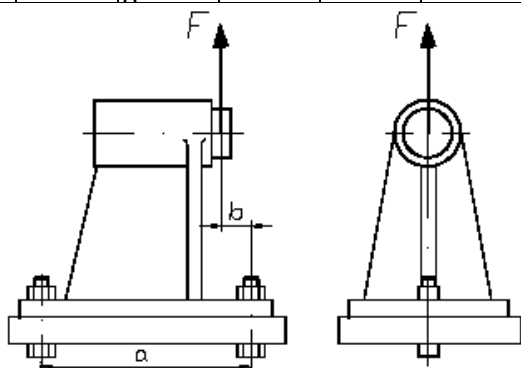


Рисунок 2.2

2.3 Рассчитать зубчатые колеса коробки передач (рисунок 2.3). Мощность на ведущем валу P_1 , угловая скорость этого вала ω_1 и передаточные числа u_{\max} и приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1, \text{кВт}$	6	7	8	6	7	8	8	9	10	12
$\omega_1, \text{с}^{-1}$	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
u_{\max}	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9
u_{\min}	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5

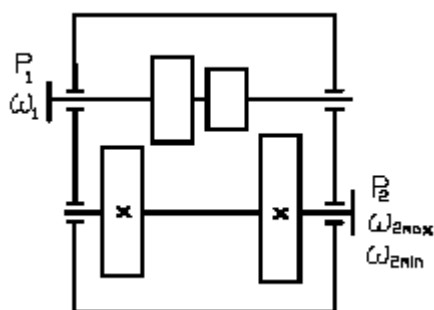


Рисунок 2.3

2.4 По данным задачи 2.3 рассчитать выходной вал коробки передач (рис. 6) и подобрать для него подшипники качения. Расстоянием между подшипниками, а также между зубчатыми колесами и подшипниками задаться. Рассчитать шлицевое соединение вала с блоком зубчатых колес. Выходной вал коробки скоростей соединяется со следующим валом посредством зубчатой муфты. Привести рабочий эскиз вала.

ЗАДАНИЕ 3

3.1 Рассчитать сварные швы, соединяющие зубчатый венец колеса с его диском и диск со ступицей (рисунок 3.1). Передаваемая зубчатым колесом мощность P , угловая скорость его ω и диаметры D и d

приведены в таблице 3.1. Материал обода и ступицы - сталь 30, материал диска - сталь 15.

Таблица 3.1

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1, \text{кВт}$	15	18	20	22	25	28	30	32	35	38
$W, \text{с}^{-1}$	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$D, \text{мм}$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
$d, \text{мм}$	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105

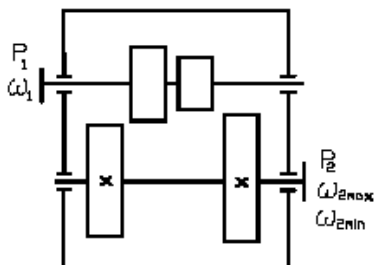


Рисунок 3.1

3.2 Рассчитать болты фланцевой муфты (рисунок 3.2). Передаваемая муфтой мощность P , угловая скорость муфты w , диаметр окружности центров болтов D и число болтов z приведены в таблице 8. Материал половин муфты – чугун

Таблица 3.2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1, \text{кВт}$	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
$W, \text{с}^{-1}$	10	11	12	13	14	10	11	12	13	14
$D, \text{мм}$	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8

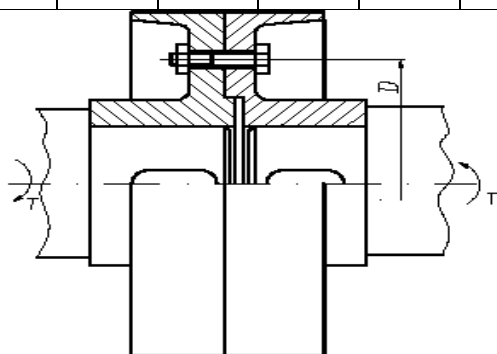


Рисунок 3.2

3.3 Рассчитать червячную передачу редуктора для привода лебедки (рисунок 3.3). Мощность электродвигателя P_1 , угловая скорость w_1 и угловая скорость барабана w_2 приведены в таблице 9. Недостающими данными задаться. Срок службы редуктора 30 000 ч.

Таблица 3.3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1, \text{кВт}$	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20
$W_1, \text{с}^{-1}$	78	78	78	78	100	100	100	150	150	150

$W_2 c^{-1}$	6	6
--------------	---	---

10	12	12	12
----	----	----	----

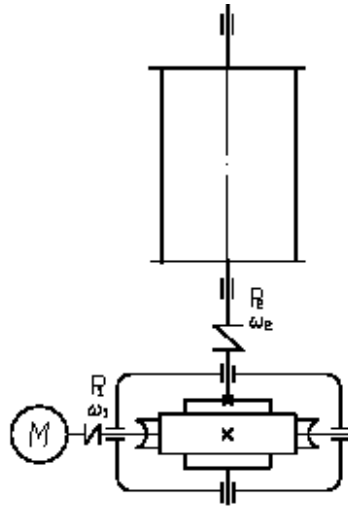


Рисунок 3.3

3.4 По данным задачи 3.3 рассчитать вал червячного колеса редуктора (рисунок 9) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояние между подшипниками выбрать конструктивно. Вал колеса соединяется с валом барабана посредством упругой муфты. Рассчитать посадку с натягом для соединения червячного колеса с валом. Привести рабочий эскиз вала.

ЗАДАНИЕ 4

4.1 Рассчитать сварное соединение двух уголков с косынкой (рисунок 4.1). На оба уголка действует растягивающая сила $2F$, приведенная в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$2F, кН$	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75

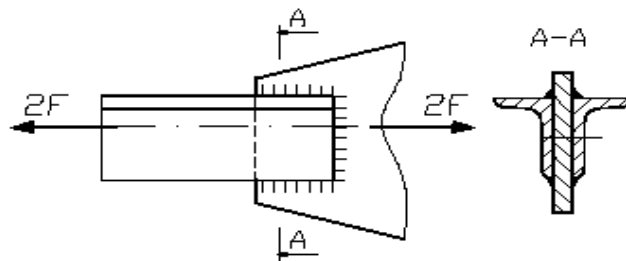


Рисунок 4.1

4.2 Определить диаметр шпильки для станочного прихвата (рисунок 4.2) по данным таблицы 4.2. Недостающими данными задаться.

Таблица 4.2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F, кН$	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6	6,1	6,2	6,3	6,5
$a, мм$	120	120	140	150	160	120	130	140	150	160
$b, мм$	110	115	120	125	130	110	115	120	125	130

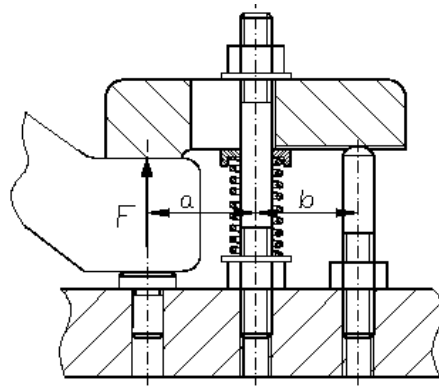


Рисунок 4.2

4.3 Рассчитать зубчатые передачи редуктора привода ленточного транспортера (рисунок 4.3). Мощность электродвигателя P_1 , угловая скорость его ω_1 и угловая скорость барабана ω_3 приведены в таблице 4.3. Срок службы редуктора 28 000 ч.

Таблица 4.3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
ω_1 , с ⁻¹	150	150	150	100	100	100	77	77	77	77
ω_3 , с ⁻¹	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6

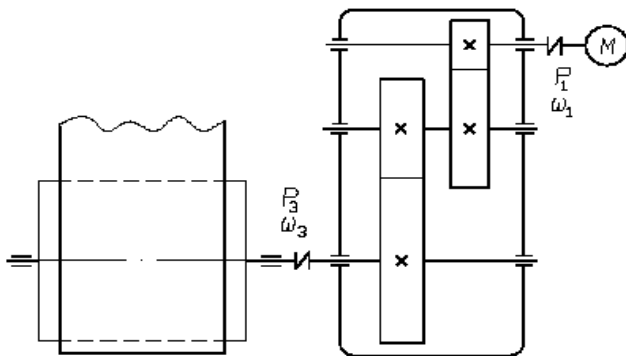


Рисунок 4.3

4.4 По данным задачи 4.3 рассчитать ведущий вал редуктора (рисунок 4.3) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояниями между подшипниками, а также между шестерней и подшипниками задаться. Рассчитать шпоночное соединение вала с зубчатым колесом. Привести рабочий эскиз вала .

ЗАДАНИЕ 5

5.1 Рассчитать сварное соединение, состоящее из серьги, блоков и швеллера (рисунок 5.1), по данным таблицы 5.1.

Таблица 5.1

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

F , кН	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
h , мм	200	200	250	250	250	300	300	350	400	400
δ , мм	10	10	10	10	12	12	12	12	14	14
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/4$	$\pi/6$	$\pi/4$

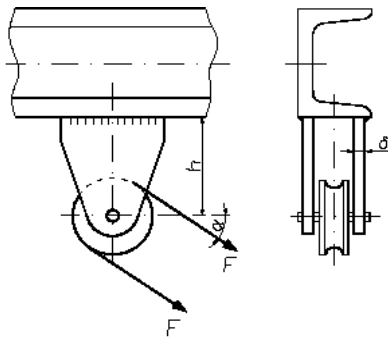


Рисунок 5.1

5.2 Рассчитать болты крепления чугунного кронштейна с подшипником (рисунок 5.2) к кирпичной стене по данным таблицы 5.2. Недостающими данными задаться.

Таблица 5.2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	10	10	10	9	9	9	8	8	8	8
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
a , мм	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
b , мм	340	360	380	400	420	340	360	380	400	420
c , мм	50	70	90	50	70	90	50	70	90	50

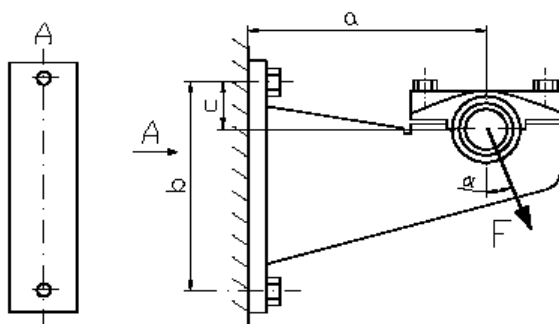


Рисунок 5.2

5.3 Рассчитать планетарную зубчатую передачу редуктора (рисунок 5.3). Мощность на ведущем валу P_1 , угловая скорость ведущего вала ω_1 и угловая скорость ведомого вала ω_2 приведены в таблице 5.3. Сроком службы зубчатых колес редуктора задаться.

Таблица 5.3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	12	11	10	9	12	11	10	12	11	10
ω_1 , c^{-1}	150	150	150	150	100	100	100	77	77	77
ω_2 , c^{-1}	20	22	24	26	12	14	16	8	10	12

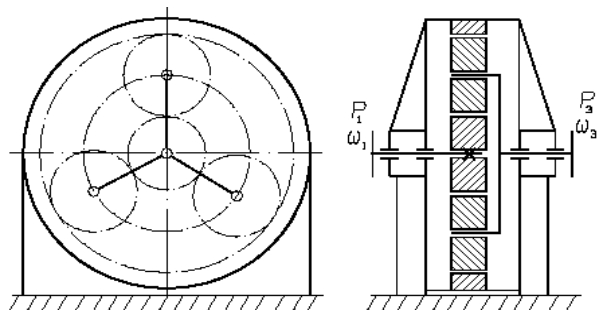


Рисунок 5.3

5.4. По данным задачи 5.3 рассчитать ведущий вал редуктора (рисунок 15) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояниями между подшипниками и от зубчатого колеса до ближайшего подшипника задаться. Ведущий вал редуктора соединяется с валом электродвигателя посредством упругой муфты. Привести рабочий эскиз вала.

ЗАДАНИЕ 6

6.1 Определить размеры h и δ листов 1 и 2 , прикрепленных к швеллерам колонны (рисунок 6.1), и рассчитать сварные швы их по данным таблицы 6.1.

Таблица 6.1

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, кН	14	16	18	20	22	24	2	28	30	32
L, м	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0

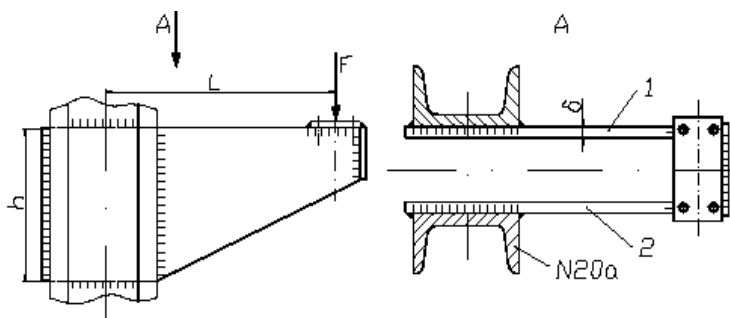


Рисунок 6.1

6.2 Рассчитать болты, соединяющие крышку с цилиндрическим сосудом для сжатого воздуха (рисунок 6.2). Давление воздуха в цилиндре по манометру p , наружный диаметр центрирующего выступа и внутренний диаметр прокладки D , наружный диаметр крышки фланца цилиндра и прокладки D_1 приведены в таблице 6.2. Недостающими данными задаться.

Таблица 6.2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p , МПа	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
D , мм	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430
D_1 , мм	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560

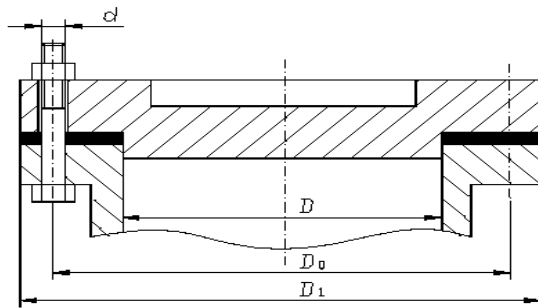


Рисунок 6.2

6.3 Рассчитать червячную передачу ручной тали (рис. 6.3). Вес поднимаемого груза F , усилие рабочего на тяговую цепь F_p , диаметр тягового колеса D_m и диаметр звездочки D_z приведены в табл. 18. Режим работы передачи кратковременный. Срок службы 18000 ч.

Таблица 6.3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F, \text{кН}$	15	15	15	18	18	18	22	22	25	25
$F_p, \text{Н}$	150	160	170	180	190	150	160	170	180	190
$D_m, \text{мм}$	300	300	300	310	310	310	320	320	330	330
$D_z, \text{мм}$	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165

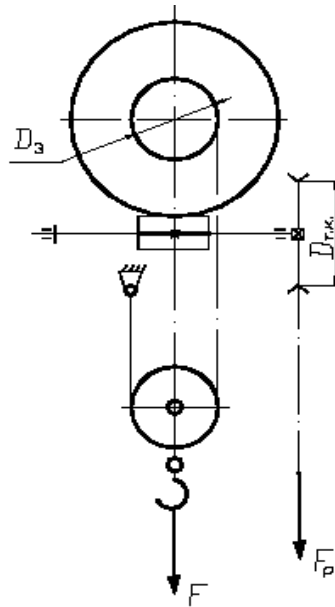


Рисунок 6.3

6.4 По данным задачи 6.3 рассчитать вал звездочки и червячного колеса (рисунок 6.3) и подобрать для него подшипники качения. Расстояние между опорами вала принять равным шестикратной ширине червячного колеса. Рассчитать шлицевое соединение со звездочкой. Привести рабочий эскиз вала.

ЗАДАНИЕ 7

7.1. Рассчитать сварное соединение для клеммового рычага (рисунок 7.1) по данным таблицы 7.1.

Таблица 7.1

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, кН	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5
L, см	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58

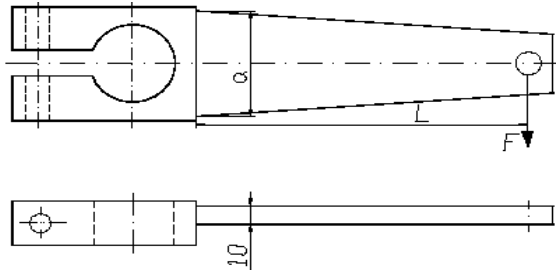


Рисунок 7.1

7.2 Рассчитать болты фланцевого соединения водопроводных труб (рисунок 7.2). Давление воды внутри труб по манометру p , диаметр труб D и диаметр окружности центров болтов D_1 приведены в таблице 7.2. Недостающими данными задаться.

Таблица 7.2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , МПа	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,5
D , мм	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
D_1 , мм	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350

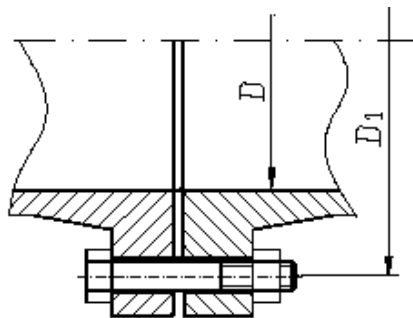


Рисунок 7.2

7.3 Рассчитать цилиндрическую зубчатую передачу коническо-цилиндрического прямозубого редуктора (рисунок 7.3). Мощность на ведущем валу редуктора P_1 , его угловая скорость ω_1 , угловая скорость ведомого вала ω_3 приведены в таблице 7.3. Сроком службы задаться.

Таблица 7.3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20 150
ω_1 , с ⁻¹	77	77	77	100	100	100	150	150	150	16
ω_3 , с ⁻¹	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

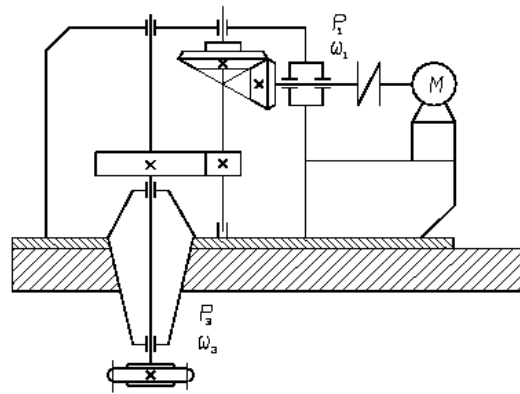


Рисунок 7.3

7.4 По данным задачи 7.3 рассчитать ведущий вал редуктора (рисунок 7.3) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояниями между подшипниками, а также между подшипниками и шестерней задаться. Ведущий вал редуктора соединяется с валом электродвигателей посредством упругой муфты. Рассчитать шпоночное соединение вала с муфтой. Привести рабочий эскиз вала.

ЗАДАНИЕ 8

8.1 Рассчитать сварное соединение листа 1 с уголком 2 (рисунок 8.1) по данным таблицы 8.1.

Таблица 8.1

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
b , см	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
a , см	10	10	10	10	12	12	12	12	14	14
α , рад	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$

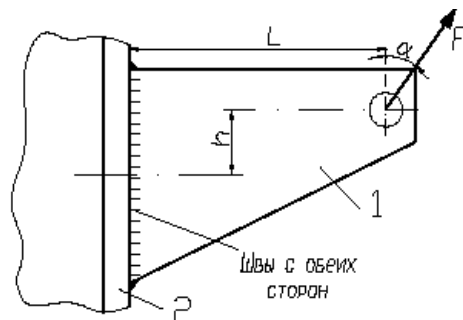


Рисунок 8.1

8.2 Рассчитать болты, которыми полоса 1 прикреплена к швеллерной балке 2 (рисунок 8.2), по данным таблицы 8.2. Определить диаметр болтов для двух случаев, когда они стоят: а) без зазора; б) с зазором. Коэффициент трения между полосой и балкой $f = 0,2$.

Таблица 8.2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
α , рад	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$

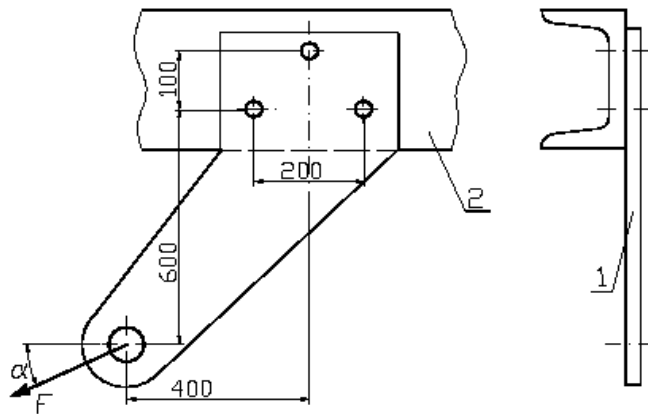


Рисунок 8.2

8.3 Рассчитать колеса косозубо-прямоугобого соосного редуктора (рис. 8.3). Мощность на ведомом валу редуктора P_3 , угловая скорость ведомого вала ω_3 и передаточное число редуктора u приведены в таблице 8.3. Сроком службы зубчатых колес задаться.

Таблица 8.3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_3 , кВт	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
W_3 ,	5	5	6	6	5	5	7	7	6	6
u	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

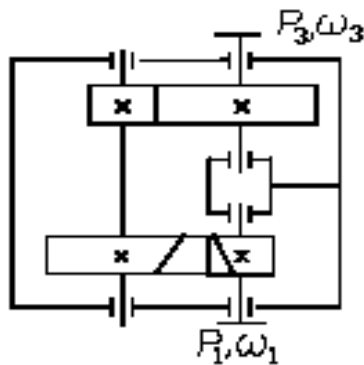


Рисунок 8.3

8.4 По данным задачи 8.3 рассчитать промежуточный вал редуктора (рисунок 8.3) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстоянием между зубчатыми колесами и подшипниками задаться. Рассчитать шпоночное соединение вала с зубчатым колесом. Привести рабочий эскиз вала.

ЗАДАНИЕ 9

9.1 Рассчитать сварное соединение двух уголков с плитой (рисунок 9.1). Угол $\alpha = \pi/6$ рад, а действующая на уголки сила F приведена в таблице 9.1.

Таблица 9.1

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95

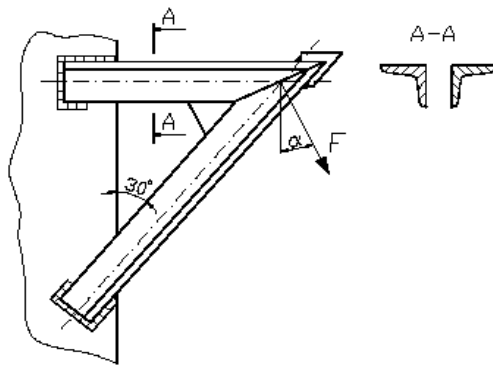


Рисунок 9.1

9.2 Рассчитать болт клеммового соединения, посредством которого рычаг неподвижно закрепляется на валу (рисунок 9.2). Диаметр вала D , сила, действующая на рычаг, F , радиус рычага R и расстояние от оси болта до вала a приведены в таблице 9.2. Материал вала - сталь, материал рычага - чугун.

Таблица 9.2

Величин а	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D , мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
F, H	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
R , мм	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490
a , мм	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42

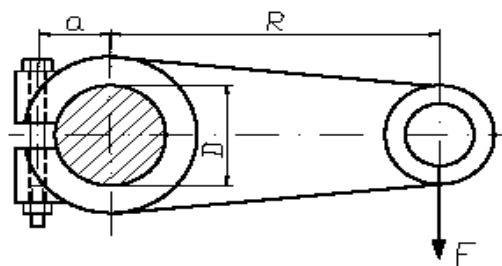


Рисунок 9.2

9.3 Рассчитать червячную передачу редуктора (рисунок 9.3). Передаваемая червяком мощность P_1 , угловая скорость его ω_1 и передаточное число передачи u приведены в таблице 9.3. Недостающими данными задаться. Срок службы передачи 20 000 ч.

Таблица 9.3

Вели- чина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 , кВт	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ω рад/с	77	77	77	100	100	100	150	150	150	150
u	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22

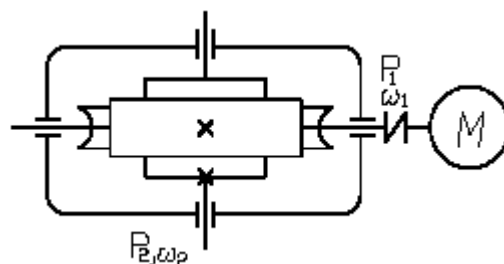


Рисунок 9.3

9.4 По данным задачи 9.3 рассчитать вал червячного колеса редуктора (рисунок 9.3) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстоянием между подшипниками задаться. Вал колеса соединяется со следующим валом посредством упругой муфты. Рассчитать посадку с натягом для соединения червячного колеса с валом. Привести рабочий эскиз вала.

ЗАДАНИЕ 0

10.1 Рассчитать сварное соединение двутавровой балки с колонной (рисунок 10.1) по данным таблицы 10.1

Таблица 10.1

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, кН	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
L, м	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1

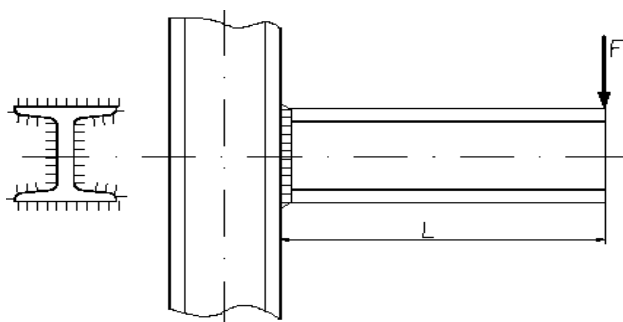


Рисунок 10.1

10.2 Рассчитать болты крепления зубчатого колеса к барабану лебедки (рисунок 10.2). Вес поднимаемого груза F, диаметр барабана A и диаметр окружности центров болтов D_2 приведены в таблице 10.2.

Таблица 10.2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, кН	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
D_1 , мм	25	25	30	30	35	35	40	40	45	45
D_2 , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	40	45	45	50	50	55	55	60	60
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

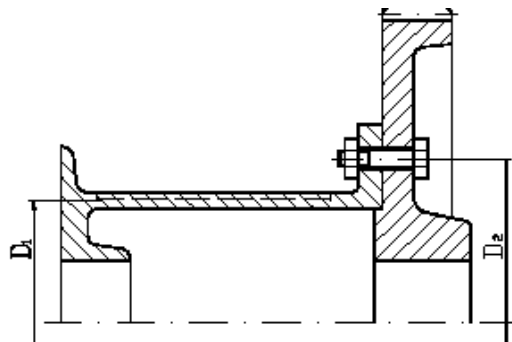


Рисунок 10.2

10.3 Рассчитать коническую зубчатую передачу редуктора и открытую цилиндрическую зубчатую передачу привода шаровой мельницы (рисунок 10.3). Мощность на зубчатом колесе мельницы P_3 , угловая скорость его ω_3 и передаточное число привода u приведены в таблице 30. Срок службы передачи 30000ч.

Таблица 10.3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_3, \text{кВт}$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\omega_3, \text{с}^{-1}$	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10
u	12	14	15	16	12	14	15	16	12	15

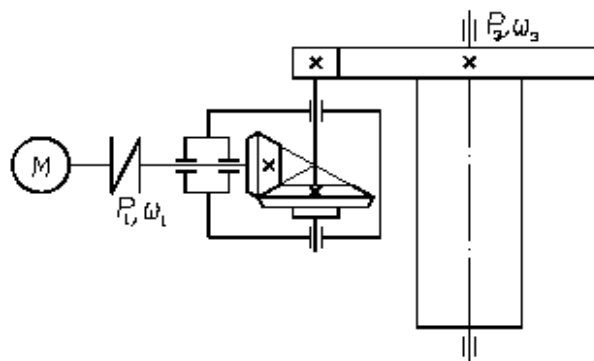
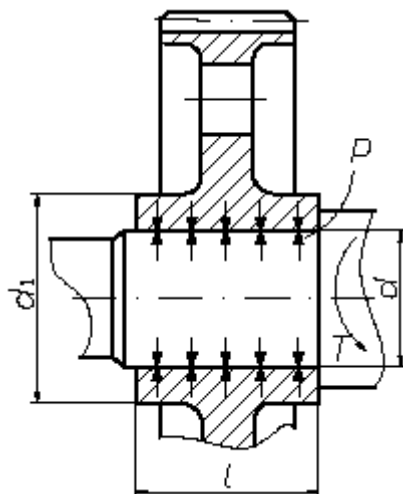


Рисунок 10.3

10.4 По данным задачи 10.3 рассчитать ведущий вал редуктора (см. рисунок 10.3) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояниями между подшипниками, а также между шестерней и подшипником задаться. Ведущий вал соединяется с валом электродвигателя посредством упругой муфты. Рассчитать шпоночное соединение вала с муфтой. Привести рабочий эскиз вала.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ЗАДАЧ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Пример 1. Для вала, передающего зубчатому колесу мощность $P=75$ кВт при $n = 300$ мин⁻¹ подобрать посадку с гарантированным натягом и проверить прочность деталей после запрессовки. Материал колеса и вала принять - сталь 45 (улучшенная $\sigma_T=450$ МПа).



1 Определяем размеры соединения

1.1 Диаметр вала

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{30P}{\pi \cdot n \cdot 0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{30 \cdot 75 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 300 \cdot 0,2 \cdot 40}} = 66,8 \text{ мм}$$

где $[\tau] = 40$ МПа - допускаемые напряжения кручения [1].

Используя ряд предпочтительных чисел, принимаем $d = 70$ мм.

1.2 Диаметр ступицы колеса [7]:

$$d_{ст} = 1,5 \cdot d + 10 = 1,5 \cdot 70 + 10 = 115 \text{ мм}$$

1.3 Длина ступицы колеса [7]

$$l = 1,5 \cdot d = 1,5 \cdot 70 = 105 \text{ мм.}$$

2. Определим удельное давление, необходимое для передачи заданного вращающего момента

$$p = \frac{P \cdot 30 \cdot 10^6 \cdot 2}{\pi \cdot n \cdot d^2 \cdot l \cdot f} = \frac{75 \cdot 30 \cdot 10^6 \cdot 2}{3,14 \cdot 300 \cdot 70^2 \cdot 105 \cdot 0,1} = 29,55 \text{ МПа}$$

где f – коэффициент трения на поверхности соединения после сборки, $f = 0,1$.

3. Определяем расчетный натяг по формуле Ляме:

$$N = pd \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) \cdot 10^3 = 29,55 \cdot 70 \left(\frac{0,7}{2,1 \cdot 10^5} + \frac{2,48}{2,1 \cdot 10^5} \right) \cdot 10^3 = 31,3 \text{ мкм}$$

где $E_1 = E_2 = 2,1 \cdot 10^5$ МПа- модуль упругости для материала колеса и вала; C_1 и C_2 - коэффициенты, определяемые по формулам:

$$C_1 = 1 - \mu = 1 - 0,3 = 0,7; \quad C_2 = \frac{d_1^2 + d^2}{d_1^2 - d^2} + \mu = \frac{115^2 + 70^2}{115^2 - 70^2} + 0,3 = 2,48;$$

здесь $\mu = 0,3$ - коэффициент Пуассона для стальных деталей.

4 Определяем минимальный табличный натяг

$$N_{min} = N + (R_{z1} + R_{z2}) \cdot 1,2 = 31,3 + 1,2(6,3 + 10) = 50,86 \text{ мкм};$$

здесь R_{z1} и R_{z2} — максимальные высоты микронеровностей для поверхности вала и ступицы соответственно.

5 Выбираем посадку 70 Н7/у7.

6 Проверим прочность ступицы после сборки.

6.1 Рассчитаем давление в соединении при максимальном натяге:

$$p_{\max} = \frac{N_{\max} - 1,2(R_{z1} + R_{z2})}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) \cdot 10^3} = \frac{132 - 19,6}{70 \left(\frac{0,7 + 2,48}{2,1 \cdot 10^5} \right) \cdot 10^3} = 106 \text{ МПа}$$

6.2 Определим допускаемое давление в соединении:

$$[p] \leq \sigma_{\tau} \frac{d_1^2 - d^2}{2d_1^2} = 450 \cdot \frac{115^2 - 70^2}{2 \cdot 115^2} = 142 \text{ МПа.}$$

Прочность ступицы колеса обеспечена, так как $106 \text{ МПа} < 142 \text{ МПа}$. Также обеспечена и прочность вала при сплошном поперечном сечении [1].

Пример 2. По данным примера 1 рассчитать соединение зубчатого колеса с валом по двум вариантам:

- 1) призматической шпонкой;
- 2) прямобочными шлицами (зубьями).

Расчет:

1 Определим размеры соединений.

1.1 Поперечное сечение шпонки по ГОСТ 10748-79 [7] - $b = 20$ мм, $h = 18$ мм, длину из условия размещения внутри ступицы — $l_p = l - b - 5 = 105 - 20 - 5 = 80$ мм.

1.2 По ГОСТ 1139-80 [7] выбираем легкую серию с центрированием по внутреннему диаметру :

$$\text{длину соединения} - l_p = 1 = \frac{d - 10 \times 72 \frac{\text{H7}}{\text{f7}} \times 78 \times 12 \frac{\text{F8}}{\text{f8}}}{1}$$

2 Проверим работоспособность соединений. 2.1

На прочность по напряжениям смятия:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4T}{dhl_p} = \frac{4P \cdot 30}{\pi dhl_p} = \frac{4 \cdot 75 \cdot 10^3 \cdot 30}{3,14 \cdot 300 \cdot 70 \cdot 20 \cdot 80} = 85,3 \text{ МПа}$$

Допускаемые напряжения [1] для шпонки из углеродистой стали и переходной посадки $[\sigma_{\text{см}}] = 100 \text{ МПа}$, что больше чем $\sigma_{\text{см}} = 85,3 \text{ МПа}$, следовательно, условие прочности выполняется.

2.2 По обобщенному критерию работоспособности [1]

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2T}{kzhd_{\text{cp}}l_p} = \frac{2P \cdot 30}{\pi kzhd_{\text{cp}}l_p} = \frac{2 \cdot 75 \cdot 10^6 \cdot 30}{3,14 \cdot 300 \cdot 0,75 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 75 \cdot 105} = 27 \text{ МПа},$$

где $k = 0,75$ - коэффициент неравномерности;

$z = 10$ - число зубьев (шлиц);

$h = 0,5(D - d) = 0,5(78 - 72) = 3$ мм - рабочая высота зубьев (шлиц);

$D = 78$ мм - наружный диаметр шлицевого вала;

$d_{\text{cp}} = 0,5(D + d) = 0,5(78 + 72) = 75$ мм - средний диаметр шлицевого вала.

Допускаемые напряжения [1] для неподвижного соединения в средних условиях эксплуатации $[\sigma_{\text{см}}] = 60 \text{ МПа}$, что больше чем $\sigma_{\text{см}} = 27 \text{ МПа}$, следовательно, условие прочности выполняется.

Пример 3. Определить размеры лобового и фланговых швов сварного соединения (рисунок 32). Соединение выполнено внахлестку сплошным нормальным швом: толщина накладке δ_1 , больше толщины полки уголка δ_2 . Материал свариваемых деталей сталь Ст3. Электрод Э42. Соединение должно быть равнопрочно основному материалу. Сварка ручная электродуговая.

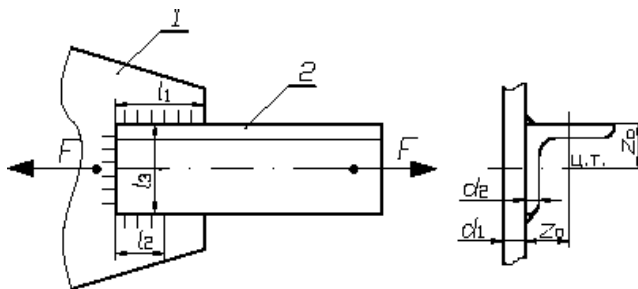


Рисунок 32- Сварное нахлесточное соединение:
1 - накладка; 2 - уголок

1 Допустимую величину передаваемого усилия F определим по условию прочности углового профиля на растяжение

$$\sigma_p = \frac{F}{A} \leq [\sigma_p]$$

где F — растягивающее усилие, н;

A — площадь поперечного сечения уголка, мм²;

$[\sigma_p]$ — допускаемое напряжение растяжения, МПа

Свариваемые детали выполнены из стали Ст3 [4], для которой $\sigma_T = 220$ МПа, тогда $[\sigma_p] = \sigma_T/n = 220/1,46 = 150$ МПа, где $n = (1,4 \dots 1,6)$ - запас прочности при расчете деталей на растяжение [1]. Площадь поперечного сечения уголка 160x160x12 находим по сортаменту [4] $S = 3740$ мм². Тогда допускаемая величина передаваемого усилия

$$F = A[\sigma_p] = 3740 \cdot 150 = 561\,000 \text{ Н.}$$

2 Рассчитаем суммарную длину швов в соединении

$$(l_1 + l_2 + l_3) = \frac{F}{0,7k[\tau'_{cp}]} = \frac{561000}{0,7 \cdot 12 \cdot 90} = 750 \text{ мм}$$

где $[\tau'_{cp}] = 0,6[\sigma_p] = 0,6 \cdot 150 = 90$ МПа - допускаемые напряжения среза в сварных швах;

$k \leq 12$ мм – катет сварного шва.

3 Определим длины фланговых швов, при $z_0 = 43,9$ мм. Суммарная длина фланговых швов, при $l_3 = 160$ мм:
 $(l_1 + l_2) = 750 - 160 = 590$ мм.

Из условия равнопрочности швов:

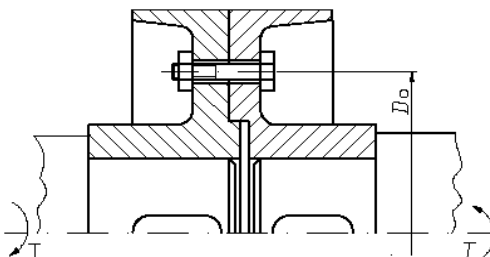
$$l_1/l_2 = (l_3 - z_0)/z_0 = (160 - 43,9)/43,9 = 2,64 \text{ мм.}$$

$$\text{Тогда } l_1 = 590 - l_2 = 590 - 0,378 l_1; l_1 = 428 \text{ мм; } l_2 = 162 \text{ мм.}$$

Пример 4. Рассчитать болты фланцевой муфты (рис. 33), если передаваемая мощность $P = 40$ кВт, частота вращения $n = 100$ об/мин, диаметр $D_0 = 236$ мм и число болтов $z = 6$. Нагрузка постоянная, коэффициент трения между полумуфтами $f = 0,2$. Болты изготовлены из качественной углеродистой стали - Сталь 20.

Расчет выполнить для двух вариантов конструкций:

- болты поставлены с зазором;
- болты поставлены без зазора.



1 Определим вращающий момент, передаваемый муфтой,

$$T = 9,55 \cdot 10^3 \frac{P}{n} = 9,55 \cdot 10^3 \frac{40 \cdot 10^3}{100} = 3,82 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2 Определим окружное усилие, приходящееся на один болт,

$$F = \frac{2T}{D_0 \cdot z} = \frac{2 \cdot 3,82 \cdot 10^6}{236 \cdot 6} = 5395 \text{ Н}$$

3 Рассчитаем внутренний диаметр резьбы из условия прочности на растяжение (вариант а):

$$\sigma_{\text{экр}} = \frac{1,3 F_{\text{зпт}}}{\frac{\pi d_1^2}{4}} = \frac{1,3 k F}{\pi d_1^2 f} = [\sigma],$$

откуда

$$d_1 = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 k F}{\pi f [\sigma]}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot 1,3 \cdot 5395}{3,14 \cdot 0,2 \cdot 120}} = 27 \text{ мм},$$

где $k=1,3$ — коэффициент запаса по условию отсутствия сдвига [1];

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[S]} = \frac{240}{2} = 120 \text{ МПа}$$

- допустимое напряжение растяжения; [S] - коэффициент запаса [1].

По таблице стандартов [6] выбираем болт с резьбой М36, для которой внутренний диаметр $d_1 = 31,67$ мм.

4 Рассчитаем диаметр болта из условия прочности на срез (вариант б):

$$\tau = \frac{F}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau],$$

Откуда

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi [\tau]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5395}{3,14 \cdot 96}} = 8,4 \text{ мм},$$

здесь $[\tau] = 0,4 \cdot \sigma_T = 0,4 \cdot 240 = 96 \text{ МПа}$.

По таблице стандартов [6] выбираем болт с резьбой М10.

Вывод: болт поставленный без зазора обеспечивает меньшие габариты и вес муфты, однако требует более дорогой обработки и сборки

Пример 5. Рассчитать сварные швы для крепления боковин 1 неподвижного блока к основанию 2 (рис. 5), по следующим данным: $F = 35$ кН; $\alpha = 30^\circ$; $H = 430$ мм; $A = 300$ мм.

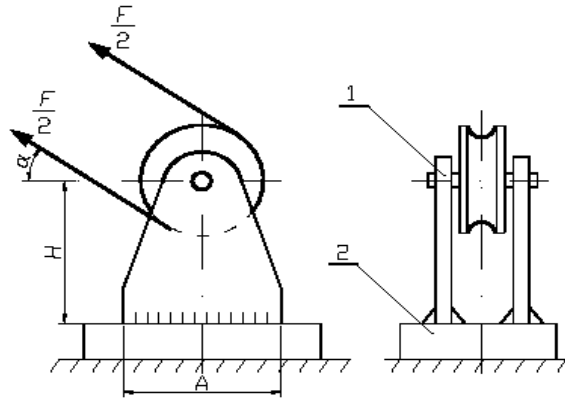


Рис. 5 Блок неподвижный:

1 - боковина; 2 — основание

1 Принимаем, что соединение выполнено угловым швом без разделения кромок. Определим изгибающий момент и растягивающую силу, действующие на соединение:

$$M = FH \cos \alpha = 35\,000 \cdot 0,43 \cdot 0,866 = 13\,033 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$F = F \sin \alpha = 35\,000 \cdot 0,866 = 17\,500 \text{ Н}.$$

2 Определим допускаемые напряжения. Принимаем материал соединяемых деталей Ст3. При ручной дуговой сварке [1]:

$$[\tau'_{\text{ср}}] = 0,6 [\sigma_p] = 0,6 \cdot 150 = 90 \text{ МПа}.$$

3 Определим катет шва из условия прочности [1]:

$$\tau = \frac{6M}{4A^2 \cdot 0,7k} + \frac{F}{4A \cdot 0,7k} = [\tau'_{\text{ср}}];$$

$$k = \frac{6M + AF}{4A^2 \cdot 0,7k [\tau']} = \frac{6 \cdot 13033 + 0,3 \cdot 17500}{4 \cdot 0,3^2 \cdot 0,7 \cdot 90 \cdot 10^6} = 0,0037 \text{ м} \approx 4 \text{ мм}.$$

4 Определим толщину боковин по условию $\delta \geq 2k = 2 \cdot 4 = 8$ мм.

Проверим прочность боковин в опасном сечении:

$$\sigma = \frac{6M}{2\delta A^2} + \frac{F}{2\delta A} = \frac{6 \cdot 13033}{2 \cdot 0,008 \cdot 0,3^2} + \frac{17500}{2 \cdot 0,008 \cdot 0,3} = 57,95 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

$$\sigma = 57,95 \text{ МПа} < [\sigma_p] = 150 \text{ МПа}$$

Следовательно, условие прочности выполняется.

Подписано в печать 12.07.2019 г.
Формат 60x84x16 Бумага офсетная Печать ризографическая
Уч.изд.л.2 Усл.печ.л. 2 Тираж 50 экз.
Заказ № 1414
Издательско-полиграфический центр
Набережночелнинского института
Казанского (Приволжского) федерального университета

423810. г. Набережные Челны, пр.Мира, 68/1
тел/факс (8552) 39-65-99